饲粮添加蛋氨酸锰对蛋鸡生产性能、蛋品质及血清生化指标的影响[1]

周旻瑶　苗丽萍　齐明星　邹晓庭*

(浙江大学饲料科学研究所，农业部动物营养与饲料科学重点实验室，杭州 310058)

摘　要：本试验旨在研究饲粮添加蛋氨酸锰对蛋鸡生产性能、蛋品质及血清生化指标的影响。选用53周龄生产性能相近的“京红1号”商品蛋鸡480羽，随机分成5组，每组6个重复，每个重复16羽。蛋鸡饲喂玉米-豆粕型基础饲粮（5%预混料中不含锰），对照组在基础饲粮的基础上添加60 mg/kg硫酸锰（以锰计），试验组在基础饲粮的基础上分别添加20、40、60、80 mg/kg蛋氨酸锰（以锰计），预试期1周，正试期9周。结果表明：1）40 mg/kg蛋氨酸锰组蛋鸡的平均日采食量显著高于对照组（*P*<0.05），比对照组提高了3.23%；饲粮添加蛋氨酸锰对蛋鸡的产蛋率、平均蛋重及料蛋比均无显著影响（*P*>0.05）。2）60、80 mg/kg蛋氨酸锰组的哈夫单位、蛋壳强度和蛋壳厚度均显著高于对照组（*P*<0.05），其中哈夫单位比对照组分别提高了8.42%及10.33%（*P*<0.05），蛋壳强度比对照组分别提高了12.13%及17.05%（*P*<0.05），蛋壳厚度比对照组均提高了8.57%（*P*<0.05）；饲粮添加蛋氨酸锰对蛋白高度及蛋黄颜色无显著影响（*P*>0.05）。3）80 mg/kg蛋氨酸锰组蛋鸡的血清尿酸含量显著低于对照组（*P*<0.05），比对照组降低了25.12%；饲粮添加蛋氨酸锰对血清碱性磷酸酶、谷草转氨酶、谷丙转氨酶活性及钙、磷、葡萄糖、总蛋白和白蛋白含量均无显著影响（*P*>0.05），但各蛋氨酸锰添加组的血清碱性磷酸酶活性、白蛋白和钙含量与对照组相比有上升的趋势。由此可见，饲粮添加蛋氨酸锰可改善蛋品质，抑制蛋白质的分解代谢，提高蛋白质的利用率。

收稿日期：2016-03-21
基金项目：国家蛋鸡产业技术体系（CARS-41-K17）；“十二五”国家科技支撑计划（2014BAD13B04）
作者简介：周旻瑶（1991—），女，浙江金华人，硕士研究生，从事蛋鸡营养研究。E-mail: zhouminyao@zju.edu.cn
*通信作者：邹晓庭，教授，博士生导师，E-mail: xtzou@zju.edu.cn

关键词：蛋氨酸锰；蛋鸡；生产性能；蛋品质；血清生化指标

锰（Mn）作为一种重要的必需微量元素，在畜禽营养中具有多方面的生物学功能。锰是动物体内多种酶的辅酶因子，参与体内糖代谢、脂代谢等多方面的代谢过程[1-2]，能够促进造血，提高动物机体的繁殖性能[3]。同时，锰对胚胎期和生长期动物骨骼发育有重要的作用，饲粮缺锰会导致动物软骨发育异常、滑腱症及胫骨短粗症等[4]。自1937年Wilgus等[5]首次发现锰与雏鸡骨骼发育有关以来，锰在畜禽营养中的作用便得到了广泛的关注。Xiao等[6]报道认为，饲粮锰缺乏对蛋鸡蛋壳品质有影响，蛋壳的强度、厚度及韧性都会有所下降。Hossain等[7]报道认为，当鸡饲粮中锰水平提高时，产蛋率和蛋重增加。陈仲建等[8]研究发现，肉鸡饲粮中添加锰显著提高了血清总蛋白（TP）含量，碱性磷酸酶（AKP）活性也有一定程度的升高。

NRC（1994）[9]建议蛋鸡饲粮中应补充60 mg/kg锰，但由于鸡对锰的吸收率仅有1%~3%[10]，而耐受量可高达2 000 mg/kg，因此营养学家建议可提高鸡对锰的需求标准[11]。目前，饲粮中锰的添加形式以硫酸锰、氧化锰等无机盐形式为主，但鸡对无机锰的利用率低，不仅易造成锰的浪费，且排泄物也会对土壤、水体等造成污染[12]。近年来，与氨基酸螯合或络合的有机锰产品逐步走进人们的视野，其克服了无机锰的缺点，具有良好的化学稳定性，缓解了矿物元素的拮抗作用，且吸收利用率高，具有更高的生物学效价[13]。因此，本试验旨在研究蛋氨酸锰及其添加水平对蛋鸡生产性能、蛋品质及血清生化指标的影响，为指导生产、合理运用新型高效环保锰添加剂提供试验依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验所用蛋氨酸锰购于天津奥特奇生物制品有限公司，含锰量为15%。试验地点为浙江省建德市三益有限公司养殖基地。试验动物为“京红1号”商品代蛋鸡。

1.2 试验设计及试验饲粮

试验选用53周龄生产性能相近的“京红1号”商品蛋鸡480羽，随机分成5组，每组6个重复，每个重复16羽。预试期1周，正试期9周。蛋鸡饲喂玉米-豆粕型基础饲粮（5%预混料中不含锰），对照组在基础饲粮的基础上添加60 mg/kg硫酸锰（以锰计），试验组在基础饲粮的基础上分别添加20、40、60、80 mg/kg蛋氨酸锰（以锰计）。各组分别添加一定量的蛋氨酸使各组饲粮中蛋氨酸含量均为0.34%。基础饲粮参照《鸡饲养标准》(NY/T33—2004)配制，基础饲粮组成及营养水平见表1。

表 1　基础饲粮组成及营养水平（风干基础）

Table 1　Composition and nutrient levels of the basal diet (air-dry basis)　　%

项目 Items	含量 Content
原料 Ingredients	
玉米 Corn	60.00
豆粕 Soybean meal	24.00
麦麸 Wheat bran	3.00
石粉 Limestone	8.00
预混料 Premix[1)]	5.00
合计 Total	100.00
营养水平 Nutrient levels[2)]	
代谢能 ME/(MJ/kg)	10.65
粗蛋白质 CP	15.72
赖氨酸 Lys	0.80
蛋氨酸 Met	0.34
钙 Ca	2.96
总磷 TP	0.34

1)预混料为每千克饲粮提供 Premix provided the following per kg of the diet: VA 7 500 IU，VD_3 2 500 IU，VE 25 mg，VK_3 2.5 mg，VB_1 1.5 mg，VB_2 4.5 mg，VB_6 3 mg，VB_{12} 0.02 mg，烟酸 niacin 25 mg，叶酸 folic acid 1.1 mg，泛酸钙 calcium pantothenate 8 mg，生物素 biotin 0.12 mg，氯化胆碱 choline chloride 400 mg，Cu 20 mg，Fe 90 mg，Zn 90 mg，I 0.8 mg，Se 0.3 mg。

2)营养水平均为计算值。Nutrient levels were all calculated values.

1.3 饲养管理

饲养试验在浙江省建德市三益有限公司养殖基地进行，采用3层笼养，每天07:00和15:00各喂料1次，根据剩料情况适当增减给料量，全期自由采食，自由饮水，自然光照与人工光照（18:00~23:00，人工光照时长5 h，光照强度10 lx）方式相结合。按常规方法进行饲养管理及免疫，并定期对鸡舍消毒。

1.4 测定指标及方法

1.4.1 生产性能

每天按重复记录产蛋数、蛋重及软壳蛋数，每周统计1次采食量，计算整个试验期的产蛋率（%）、平均蛋重（g）、平均日采食量（g/d）和料蛋比。

1.4.2 蛋品质

试验结束时，每个重复随机抽取6枚鸡蛋，每组36枚，进行蛋品质测定。蛋品质测定采用日产DET-6000蛋品质测定仪检测，测定指标有：蛋白高度（mm）、蛋黄颜色、哈夫单位、蛋壳强度（kgf/cm^2）和蛋壳厚度（mm）。

1.4.3 血清生化指标

试验结束时，每组随机选取12只鸡，禁食24 h后称重，采血，3 000 r/min离心10 min制备血清。血清总蛋白、白蛋白（ALB）、尿酸（UA）、葡萄糖（GLU）、钙（Ca）、磷（P）含量及碱性磷酸酶、谷草转氨酶（GOT）、谷丙转氨酶（GPT）活性均采用试剂盒测定，试剂

盒均购于南京建成生物工程研究所，并按其说明书进行试剂配制和指标测定。

1.5　数据处理

试验数据采用SPSS 17.0进行单因素方差分析（one-way ANOVA），采用Duncan氏法进行多重比较。测定结果以“平均值±标准误”表示，以P<0.05作为差异显著性的标准。

2　结果

2.1 饲粮添加蛋氨酸锰对蛋鸡生产性能的影响

由表2可知，饲粮添加蛋氨酸锰对蛋鸡的产蛋率、平均蛋重及料蛋比均无显著影响（P>0.05）。40 mg/kg蛋氨酸锰组蛋鸡的平均日采食量显著高于对照组（P<0.05），比对照组提高了3.23%。

表 2　饲粮添加蛋氨酸锰对蛋鸡生产性能的影响

Table 2　Effects of dietary manganese methionine on performance of laying hens

项目 Items	对照组 Control group	蛋氨酸锰添加水平 Manganese methionine supplemental level/（mg/kg）			
		20	40	60	80
产蛋率 Laying rate/%	84.05±0.52	83.76±2.11	84.83±1.55	85.05±1.18	87.01±0.64
平均蛋重 Average egg weight/g	63.30±0.73	63.58±0.54	63.71±0.45	63.64±0.22	63.52±0.51
平均日采食量 ADFI/(g/d)	116.66±0.66^{b}	118.90±0.79^{ab}	120.43±0.98^{a}	119.94±0.80^{ab}	119.31±1.05^{ab}
料蛋比 Feed/egg	1.98±0.02	2.03±0.06	2.02±0.03	2.01±0.02	1.98±0.02

同行数据肩标不同小写字母表示差异显著(P<0.05)，相同或无字母表示差异不显著(P>0.05)。下表同。

In the same row, values with different small letter superscripts means significant difference

(P<0.05)， while with the same or no letter superscripts means no significant difference (P>0.05).The same as below.

2.2 饲粮添加蛋氨酸锰对蛋鸡蛋品质的影响

由表3可知，60、80 mg/kg蛋氨酸锰组的哈夫单位、蛋壳强度和蛋壳厚度均显著高于对照组（P<0.05），其中哈夫单位比对照组分别提高了8.42%及10.33%（P<0.05），蛋壳强度比对照组分别提高了12.13%及17.05%（P<0.05），蛋壳厚度比对照组均提高了8.57%（P<0.05）。饲粮添加蛋氨酸锰对蛋白高度及蛋黄颜色无显著影响（P>0.05）。

表 3 饲粮添加蛋氨酸锰对蛋鸡蛋品质的影响

Table 3 Effects of dietary manganese methionine on egg quality of laying hens

项目 Items	对照组 Control group	蛋氨酸锰添加水平 Manganese methionine supplemental level/（mg/kg）			
		20	40	60	80
蛋白高度 Albumen height/mm	6.54±0.27	6.48±0.28	6.83±0.19	7.02±0.22	7.02±0.20
蛋黄颜色 Yolk color	7.02±0.29	7.17±0.22	7.25±0.08	7.13±0.07	7.10±0.13
哈夫单位 Haugh unit	76.00±1.62^{b}	75.93±2.78^{b}	80.60±1.18^{ab}	82.40±1.14^{a}	83.85±1.16^{a}
蛋壳强度 Eggshell strength/(kgf/cm^2)	3.05±0.02^{b}	3.26±0.08^{ab}	3.27±0.12^{ab}	3.42±0.07^{a}	3.57±0.14^{a}
蛋壳厚度 Eggshell thickness/mm	0.35±0.01^{b}	0.35±0.01^{b}	0.36±0.00^{ab}	0.38±0.01^{a}	0.38±0.01^{a}

2.3 饲粮添加蛋氨酸锰对蛋鸡血清生化指标的影响

由表4可知，80 mg/kg蛋氨酸锰组蛋鸡的血清尿酸含量显著低于对照组（P<0.05），比对照组降低了25.12%。饲粮添加蛋氨酸锰对血清碱性磷酸酶、谷草转氨酶、谷丙转氨酶活

性及钙、磷、葡萄糖、总蛋白和白蛋白含量均无显著影响（$P>0.05$），但各蛋氨酸锰添加组的碱性磷酸酶活性、白蛋白和钙含量与对照组相比有上升的趋势。

表 4　饲粮添加蛋氨酸锰对蛋鸡血清生化指标的影响

Table 4　Effects of dietary manganese methionine on serum biochemical parameters of laying hens

项目 Items	对照组 Control group	蛋氨酸锰添加水平 Manganese methionine supplemental level/（mg/kg）			
		20	40	60	80
碱性磷酸酶 AKP/（U/L）	108.61±11.28	111.33±8.21	115.33±16.71	137.95±22.78	126.80±22.63
钙 Ca/（mmol/L）	3.05±0.15	3.15±0.07	3.21±0.16	3.23±0.10	3.16±0.24
磷 P/（mmol/L）	1.52±0.12	1.31±0.14	1.22±0.08	1.16±0.10	1.49±0.18
谷草转氨酶 GOT/（U/L）	19.59±1.89	18.99±0.41	23.78±2.23	23.78±1.42	24.28±2.39
谷丙转氨酶 GPT/（U/L）	11.85±1.84	11.01±3.58	10.10±1.77	12.85±1.91	14.13±1.45
葡萄糖 GLU/（mmol/L）	5.24±0.24	5.12±0.27	5.01±0.20	4.89±0.08	5.30±0.22
总蛋白 TP/（g/L）	31.93±2.12	32.86±1.13	32.37±3.06	30.59±1.74	29.31±1.35
白蛋白 ALB/（g/L）	17.29±0.52	18.91±0.48	19.28±0.58	18.99±0.89	18.41±1.40
尿酸 UA/（mg/L）	44.02±2.20^{a}	44.32±1.83^{a}	47.06±2.52^{a}	39.24±2.02^{ab}	32.96±3.08^{b}

3　讨论

3.1　饲粮添加蛋氨酸锰对蛋鸡生产性能的影响

Venglovská等[14]研究报道，在基础饲粮中分别添加120 mg/kg的硫酸锰、蛋白锰或甘氨酸锰对蛋鸡产蛋量、蛋重、采食量及饲料转化率均无显著影响。Xie等[2]研究表明，肉种鸡饲粮中添加0、120和240 mg/kg的硫酸锰或蛋白锰，均未对产蛋率及蛋重等生产性能指标产生显著影响。袁建敏等[15]研究饲粮锰水平对蛋鸡生产性能影响的结果同样显示，在含20 mg/kg锰

的基础饲粮中添加20、40、60 mg/kg硫酸锰或20 mg/kg蛋氨酸锰，对蛋鸡各生产阶段的产蛋率、蛋重、采食量、饲料转化率影响均不显著。本试验研究表明，饲粮添加蛋氨酸锰对蛋鸡的产蛋率、平均蛋重及料蛋比均无显著影响，与以上结果相一致，表明锰添加水平及添加形式对上述生产性能指标无显著影响。而本试验中饲粮添加40 mg/kg蛋氨酸锰可使蛋鸡的平均日采食量显著提高，与Yildiz等[16]报道的当饲粮有机锰添加水平达到75 mg/kg时蛋鸡的采食量显著增加的结果相一致。提示蛋氨酸锰有促进采食的效果，同时本试验结果显示饲粮添加蛋氨酸锰产蛋率及蛋重均有一定的上升趋势，这可能与蛋鸡的采食量增加，能量及蛋白质的摄入量增加，促进了鸡蛋在形成过程中的物质沉积有关。然而，詹爱军[17]报道认为，含60 mg/kg锰的饲粮能显著提高蛋鸡的产蛋率；彭秀丽等[18]研究也显示饲粮锰水平显著影响蛋鸡的产蛋率、产蛋量、破蛋率及饲料转化率。上述报道与本试验结果不一致，可能与锰的添加形式与添加水平、鸡的品种和饲养环境等因素的不同有关。

3.2　饲粮添加蛋氨酸锰对蛋鸡蛋品质的影响

蛋品质的测定对于衡量蛋的经济学价值具有重要意义，一般来说，蛋白高度越高，哈夫单位越大，蛋品质越好[19]。本试验中，饲粮中蛋氨酸锰的添加对蛋白高度及蛋黄颜色无显著影响，但显著提高了哈夫单位。这与Gheisari等[20]的报道相一致，该研究结果显示，饲粮中添加有机锰、锌、铜与同等剂量的锰、锌、铜氧化物相比显著提高了鸡蛋的哈夫单位。但Yenice等[21]报道认为，锰、锌、铜及铬的添加形式和添加水平均对鸡蛋的哈夫单位无显著影响；Yang等[22]报道也显示，饲粮中添加35 mg/kg锰时蛋黄颜色显著降低。上述结果与本试验结果不一致，这可能与鸡的品种、饲粮种类、锰添加方式和饲养条件不同有关。

蛋壳强度及蛋壳厚度是评价蛋壳质量的重要指标，蛋壳质量升高，可以降低蛋在运输及保存过程中的经济损失。研究认为，饲粮中钙、磷及维生素D_3的来源和水平对蛋壳质量有重要作用，锌、锰和铜等微量元素可以通过影响方解石晶体的形成及晶体结构的修饰来

改善蛋壳的力学性质[23]。Xiao等[6]研究表明，饲粮添加100 mg/kg有机锰可以显著提高鸡蛋蛋壳强度、厚度及韧性，同时也可显著改善蛋壳的微观结构。Venglovská等[14]报道认为，所有锰添加组（有机或无机）均显著提高了鸡蛋蛋壳厚度、蛋壳重量、蛋壳比例及蛋形指数。喻礼怀等[24]研究也表明，所有有机锰、锌添加组的鸡蛋蛋壳强度及厚度均显著高于无机组，且以11 mg/kg有机锌和8 mg/kg有机锰添加组效果最好。本试验结果显示，60、80 mg/kg蛋氨酸锰组与对照组（60 mg/kg硫酸锰）相比，蛋壳强度及厚度显著提高，与上述报道相一致，提示蛋氨酸锰对蛋壳品质有改善作用。锰对蛋壳品质的改善作用可能与其影响了蛋壳中多种与蛋壳钙化相关的基质蛋白含量以及促进了蛋壳腺中黏多糖和糖醛酸的合成有关[26]。

3.3　饲粮添加蛋氨酸锰对蛋鸡血清生化指标的影响

血清总蛋白及白蛋白含量是评价机体蛋白质合成代谢的重要指标，而尿酸含量则代表蛋白质的分解代谢程度。本试验中，饲粮添加蛋氨酸锰对蛋鸡血清总蛋白及白蛋白含量无显著影响，与Attia等[27]报道的饲粮锰添加水平及形式均对蛋鸡血清总蛋白、钙及磷含量无显著影响的结果相一致。也有研究认为，饲粮添加氨基酸锰可显著提高肉仔鸡血清总蛋白含量，而对血清尿酸含量无显著影响[8]。本试验研究表明，饲粮中添加80 mg/kg蛋氨酸锰可显著降低蛋鸡血清尿酸含量。这些结果表明饲粮添加有机锰具有提高机体蛋白质利用率的作用，而蛋氨酸锰提高蛋白质利用率的作用可能与有机锰吸收效率高于无机锰有关。氨基酸锰通常被认为可以被整体吸收，进入机体后直接发挥其作用，而无机锰以离子形式进入机体，需先与蛋白质结合才能发挥功能。但有关蛋氨酸锰的吸收机制及作用途径目前尚不明确，还需深入研究。

有研究认为，锰可以作为碱性磷酸酶的激活剂，饲粮添加锰可以提高碱性磷酸酶的活性[28]。但本试验结果显示饲粮添加蛋氨酸锰对蛋鸡血清碱性磷酸酶的活性无显著影响，Yang等[22]也认为，饲粮中添加锰或锰与锌的混合剂均对蛋鸡血清碱性磷酸酶的活性无显著

影响。本试验研究也发现，饲粮添加蛋氨酸锰可以提高碱性磷酸酶的活性，但未能达到显著效果，这可能是因为碱性磷酸酶的激活需要较高水平的锰。本试验结果发现饲粮中添加蛋氨酸锰对蛋鸡血清钙、磷、葡萄糖含量，谷草转氨酶、谷丙转氨酶活性均无显著影响，与Attia等[27]和魏茂莲等[29]报道结果相一致，提示以上血清生化指标对饲粮中锰添加的水平与形式均不敏感。

4 结论

饲粮中添加60 mg/kg的蛋氨酸锰可显著提高蛋鸡蛋的哈夫单位、蛋壳厚度及蛋壳强度，能明显改善蛋品质；当饲粮中蛋氨酸锰添加量增加到80 mg/kg时，能显著降低蛋鸡血清尿酸含量，抑制蛋白质的分解代谢，促进机体蛋白质的利用率。

参考文献：

[1] 张雪君.锰在家禽营养中的研究进展[J].中国饲料,2013(1):27–30,42.

[2] XIE J J,TIAN C H,ZHU YW,et al.Effects of inorganic and organic manganese supplementation on gonadotropin-releasing hormone-Ⅰ and follicle-stimulating hormone expression and reproductive performance of broiler breeder hens[J].Poultry Science,2014,93(4):959–969.

[3] 张琳,李杰,刘延国.锰在家禽营养中的研究进展[J].饲料博览,2014(1):25–28.

[4] RICHARDS J D,ZHAO J M,HARRELL R J,et al.Tracemineral nutrition in poultry and swine[J].Asian-Australasian Journal of Animal Sciences,2010,23(11):1527–1534.

[5] WILGUS H S, NORRIS L A C, HEUSER G F.The effect of various calcium and phosphorus salts on the severity of perosis[J].Poultry Science,1937,16:232-237.

[6] XIAO J F,WU S G,ZHANG H Y,et al.Bioefficacy comparison of organic manganese with inorganic manganese for eggshell quality in Hy-Line Brown laying hens[J].Poultry Science,2015,94(8):1871–1878.

[7] HOSSAIN S M,BERTECHINI A G.Effect of varying manganese and available phosphorus levels in the diet on egg production and eggshell quality of layers[J].Animal Feed Science and Technology,1998,71(3/4):303–308.

[8] 陈仲建,吕林,罗绪刚,等.不同锰源对肉仔鸡生长性能、胴体性能和血清生化指标的影响[J].中国畜牧杂志,2010,46(13):35–38,71.

[9] NRC.Nutrient requirements of poultry[S].Washington,D.C.:National Academy Press,1994.

[10] 李晓丽,吕林,解竞静,等.锰在鸡肠道中吸收的特点、影响因素及分子机制[J].动物营养学报,2013,25(3):486–493.

[11] 乔富强,姚华,李宏全,等.有机锰与有机铬对肉鸡生长性能、屠体性状及脂质代谢的影响[J].北京农学院学报,2007,22(1):32–38.

[12] 杨斌,蔡辉益,刘国华,等.斜率比法评定肉仔鸡对氨基酸螯合锰的相对生物学利用率[J].动物营养学报,2014,26(8):2110–2117.

[13] 折永胜,霍鲜鲜,冯敏山,等.不同形态锰源对肉仔鸡生长性能和组织锰含量的影响[J].中国家禽,2010,32(12):31–34.

[14] VENGLOVSKÁ K,GREŠÁKOVÁ L,PLACHÁ I,etal.Effects of feed supplementation with manganese from its different sources on performance and egg parameters of laying hens[J].Czech Journal of Animal Science,2014,59(4):147–155.

[15] 袁建敏,呙于明,吴四朝.日粮锰水平对蛋鸡生产性能的影响[J].中国畜牧杂志,2000,36(1):14–16.

[16] YILDIZ A O,CUFADAR Y,OLGUN O.Effects of dietary organic and inorganic manganese supplementation on performance,egg quality and bone mineralisation in laying hens[J].Revue de Medecine Veterinaire,2011,162(10):482–488.

[17] 詹爱军.添加不同水平锰对蛋鸡生产性能的影响[J].兽药与饲料添加剂,2002,7(1):5–6.

[18] 彭秀丽,邓干臻,赵辉.日粮钙、锰水平对蛋鸡生产性能及蛋品质的影响[J].中国兽医学报,2002,22(3):311–314.

[19] 梁欣,于晓丽.鸡蛋品质评定的指标及测定方法[J].山东畜牧兽医,2012,33(5):23–24.

[20] GHEISARI A A,SANEI A,SAMIE A,et al.Effect of diets supplemented with different levels of manganese,zinc,and copper from their organic or inorganic sources on egg production and quality characteristics in laying hens[J].Biological Trace Element Research,2011,142(3):557–571.

[21] YENICE E,MIZRAK C,GÜLTEKIN M,et al.Effects of dietary organic or inorganic manganese,zinc,copper and chrome supplementation on the performance,egg quality and hatching characteristics of laying breeder hens[J].Ankara UniversitesiVeterinerFakultesi Dergisi,2015,62(1):63–68.

[22] YANG X J,ZHONG L L,AN XF,et al.Effects of diets supplemented with zinc and manganese on performance and related parameters in laying hens[J].Animal Science Journal,2012,83(6):474–481.

[23] ŚWIĄTKIEWICZ S,ARCZEWSKA-WŁOSEK A,KRAWCZYK J,et al.Dietary factors improving eggshell quality:an updated review with special emphasis on microelements and feed additives[J].World's Poultry Science Journal,2015,71(1):83–94.

[24] 喻礼怀,陈连民,丁洛阳,等.饲粮添加有机锌、锰对产蛋中后期蛋鸡蛋壳品质及血液生化指标的影响[J].动物营养学报,2015,27(10):3041–3046.

[25] 肖俊峰.日粮锰源和水平对产蛋鸡蛋壳品质的影响及其机理[D].博士学位论文.北京:中国农业科学院,2014:87.

[26] XIAO J F,ZHANG Y N,WU S G,et al.Manganese supplementation enhances the synthesis of glycosaminoglycan in eggshell membrane:astrategy to improve eggshell quality in laying

hens[J].Poultry Science,2014,93(2):380–388.

[27] ATTIA Y A,QOTA E M,BOVERA F,et al.Effect of amount and source of manganese and/or phytase supplementation on productive and reproductive performance and some physiological traits of dual purpose cross-bred hens in the tropics[J].British Poultry Science,2010,51(2):235–245.

[28]罗绪刚,苏琪,黄俊纯,等.饲粮不同锰水平对肉仔鸡生长腿病发生率和某些血浆生化指标与免疫参数的影响[J].中国畜牧杂志,1991(1):12–15.

[29] 魏茂莲,杨维仁,张桂国,等.锰添加水平对断奶仔猪血清生化指标,跖骨锰、铁含量和锰、铁表观消化率的影响[J].动物营养学报,2015,27(2):551–558.

Effects of Dietary Manganese Methionine on Performance, Egg Quality and Serum Biochemical Parameters of Laying Hens

ZHOU Minyao MIAO Liping QI Mingxing ZOU Xiaoting*

(*Key Laboratory of Animal Nutrition and Feed Science of Ministry of Agriculture, Feed Science Institute, Zhejiang University, Hangzhou* 310058, *China*)

Abstract: This experiment was conducted to study the effects of dietary manganese methionine on performance, egg quality and serum biochemical parameters of laying hens. Four hundred and eighty 53-week-old *Jinghong* No.1 laying hens with similar performance were randomly allocated to 5 groups with 6 replicates per group and 16 layers per replicate. A corn-soybean meal without manganese in the 5% premix was applied as the basal diet. The laying hens in the control group were fed the basal diet supplemented with 60 mg/kg $MnSO_4$ (as a manganese basis), and the others in the experimental groups were fed the basal diets supplemented with 20, 40, 60, 80 mg/kg manganese methionine (Mn-Met) (as a manganese basis), respectively. The pretest period lasted for

*Corresponding author, professor, E-mail: xtzou@zju.edu.cn (责任编辑李慧英)

1 week, and the experimental period lasted for 9 weeks. The results showed as follows: 1) the average daily feed intake of laying hens in 40 mg/kg Mn-Met group was significantly higher than that in the control group and increased by 3.23% ($P<0.05$). Dietary Mn-Met had no significant effects on laying rate, average egg weight and the ratio of feed to egg of laying hens ($P>0.05$). 2) The Haugh unit, eggshell strength and eggshell thickness in 60 and 80 mg/kg Mn-Met groups were significantly higher than those in the control group ($P<0.05$). Compared with the control group, Haugh unit was increased by 8.42% and 10.32% ($P<0.05$), respectively, eggshell strength was increased by 12.13% and 17.05% ($P<0.05$), respectively, and eggshell thickness was increased by 8.57% both ($P<0.05$). Dietary Mn-Met had no significant effects on albumen height and yolk color ($P>0.05$). 3) The serum uric acid (UA) content of laying hens in 80 mg/kg Mn-Met group was significantly lower than that in the control group and decreased by 25.12% ($P<0.05$). Dietary Mn-Met had no significant effects on the activities of alkaline phosphatase (AKP), glutamic oxalacetic transaminase (GOT) and glutamic-pyruvic transaminase (GPT) and the contents of calcium (Ca), phosphorus (P), glucose (GLU), total protein (TP) and albumin (ALB) ($P>0.05$), but the activity of AKP and the contents of ALB and Ca in Mn-Met supplemented groups showed an increasing trend in comparison with that in the control group. In conclusion, dietary Mn-Met can improve the egg quality, inhibit the protein catabolism and promote protein utilization.

Key words: manganese methionine; laying hens; performance; egg quality; serum biochemical parameters